

**РАЗРАБОТКА НОВОГО НЕФОРМОВАННОГО
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ПОЛУКОКСА БУРЫХ
ГЛЕЙ ДЛЯ ФУТЕРОВКИ АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ**

**Дорофеев Д.В., Сорокин А.В., Павлов Д.О.,
научный руководитель доктор техн. наук Прошкин А.В.
*Сибирский федеральный университет***

В настоящее время монтаж цоколей алюминиевых электролизеров ведется с применением формованных огнеупоров и теплоизоляции. Их использование имеет ряд недостатков:

- наличие межкирпичных швов, которые проницаемы как для газообразных, так и жидкофазных агрессивных компонентов электролита;
- высокая стоимость огнеупорных материалов вследствие двойной тепловой обработки;
- низкая химическая и деформационная стойкость «связки» в теплоизоляционных изделиях;
- образование большого количества промышленных отходов, требующих расходов на хранение или утилизацию;

Неформованные материалы обладают следующими достоинствами:

- высокая технологичность применения за счет сокращения времени их монтажа;
- низкая стоимость;
- возможность работы при отрицательных температурах за счет исключения воды (традиционно применяемой для затворения кладочных растворов) и отсутствие швов;
- потенциальная возможность повторного использования материала.

Однако, неформованные материалы нуждаются в тщательном уплотнении для минимизации скоростей проникновения агрессивных компонентов, иначе компоненты электролита проникают в материал и разрушают его, что приводит к остановке электролизера и значительным финансовым потерям.

Проведенный аналитический обзор показал, что разработка и внедрение новых видов высокоэффективной теплоизоляции – один из важнейших путей снижения удельных энергетических затрат при производстве первичного алюминия, а следовательно, повышения конкурентной способности.

Углеродсодержащие материалы могут быть эффективными теплоизоляторами в конструкциях электролизеров. Поэтому необходимо проведение исследований теплофизических и деформационных свойств углеродных материалов, проведение исследований по определению влияния степени уплотнения на теплофизические и деформационные свойства мелкодисперсных углеродных материалов.

Целями настоящей работы были подбор дисперсного материала, в наибольшей степени отвечающего требованиям новой технологии, определение оптимальной степени уплотнения материала и исследования его структуры

Для достижения этих целей решались следующие задачи:

- проанализировать современное состояние проблемы исследования теплофизических свойств мелкодисперсных материалов;
- разработать методику оценки влияния степени уплотнения мелкодисперсных материалов, в частности, буроугольного ПБУ на их теплофизические свойства;
- провести определение коэффициентов теплопроводности ПБУ с использованием зондового измерителя теплопроводности «МИТ-1»;
- определить деформационные свойства дисперсных материалов
- определить распределение пор по размерам

- оценить влияние степени уплотнения материалов на их теплофизические показатели.

1 Исследование фракционного состава, определение плотности и влажности ПБУ

Объектом исследования является полукокс бурых углей, обладающий исходным гранулометрическим составом, представленным на рисунке 1. Фракционный состав определен на ультразвуковом гранулометре в соответствии с методикой, описанной в руководстве по эксплуатации. Усредняется 10 последовательных измерений.

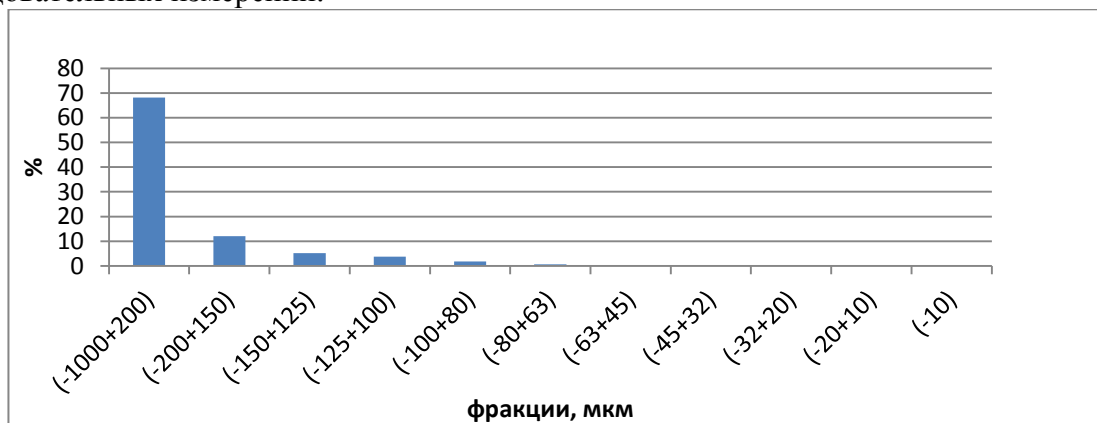


Рисунок 1 – Фракционный состав исходного ПБУ

Из рисунка видно, что исходный ПБУ в основном (70%) представлен крупными фракциями от 200 до 1000 мкм.

Из предыдущих исследований известно, что размер частиц ПБУ должен быть меньше 0,1мм, поэтому исходный ПБУ был подвергнут дроблению. Дробление производили на мельнице-ступке в течение 20 минут для каждой партии. После дробления ПБУ был отсеян на сите с ячейками величиной 0,063 мкм. На рисунке 2 представлен фракционный состав отсеянного ПБУ.

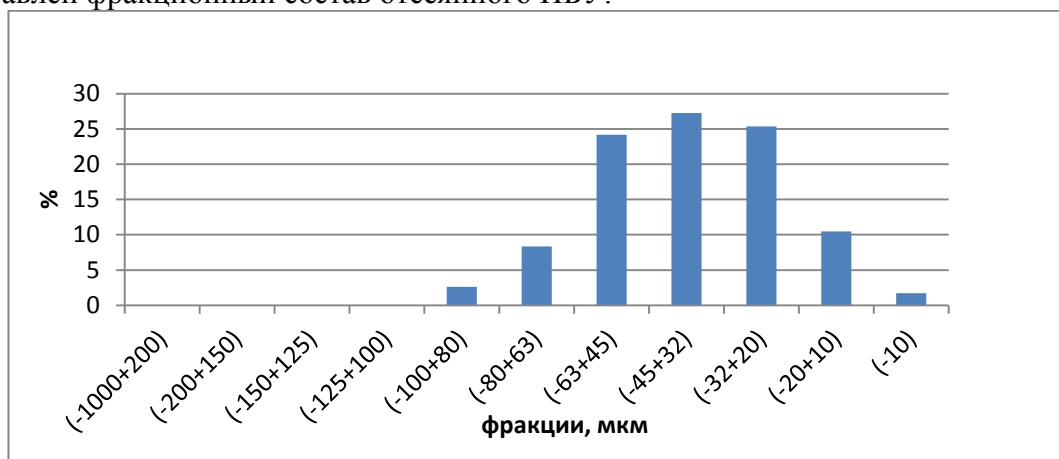


Рисунок 2 – Фракционный состав измельченного ПБУ

Из рисунка видно, что фракционный состав ПБУ преимущественно представлен фракциями от 63 до 10 мкм. Наличие здесь фракций от 100 до 63 мкм свидетельствует о неплотности ячеек сита, либо о трещинах в его конструкции.

Третий гранулометрический состав, снятый с сита с ячейками размером 0,5 мм, представлен на рисунке 3.

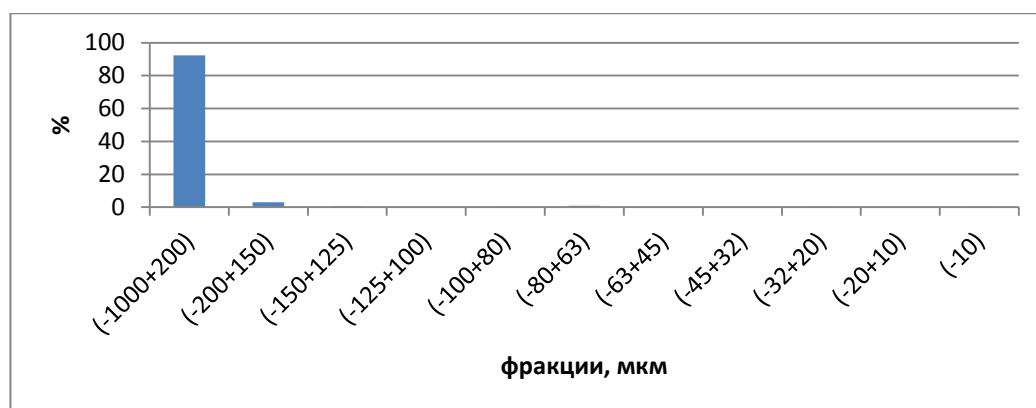


Рисунок 3 – Фракционный состав отсеянного ПБУ

Из рисунка видно, что фракционный состав отсеянного ПБУ преимущественно представлен фракциями величиной более 0,2 мм

Количество материала подбиралось таким образом, чтобы его было достаточно для определения насыпной плотности и коэффициента теплопроводности.

Насыпная плотность для всех фракционных составов определялась согласно ГОСТ Р 50019.1-92.

В таблице 1 представлены результаты определения насыпной плотности

Таблица 1 – Определение насыпной плотности ПБУ различных фракционных составов.

	Плотность, кг/м ³
Исходная фракция	671
Фракция -0,063мм	676
Фракция +0,5 мм	536

Из таблицы видно, что и закономерно, наименьшей плотностью обладает ПБУ с частицами размером более 0,5 мм.

Также определена влажность материала, она составила около 10%. После сушки материала существенно снизилась плотность для фракции -0,063 мм, она составила 607 кг/м³ против 676 кг/м³ у «мокрого» материала. Эта разница может существенно отразиться на затратах на материал, так как полукокс гигроскопичен, очень быстро впитывает влагу. В последствии влажность ПБУ изменялась в зависимости от климатических условий лаборатории ЛУФМ и колебалась от 3 до 10%.

2 Определение коэффициента теплопроводности, плотности и относительной усадки при различных давлениях

Для всех фракционных составов при различных степенях уплотнения определены коэффициенты теплопроводности и относительная усадка Н/Н₀.

Из полученных результатов видно, что наименьшим коэффициентом теплопроводности обладает ПБУ фракции -0,063 мм - 0,0926 Вт/(м*К). Но в интервале от 0 до 5 МПа в целом коэффициент теплопроводности ниже у исходного ПБУ, при его более низкой плотности.

Замечено, что у фракции +0,5 мм при оказываемом давлении более 25 МПа происходит резкое увеличение коэффициента теплопроводности с 0,227 Вт/(м*К) до 0,376 Вт/(м*К). Возможно предположить, что это связано с разрушением крупных фракций и образования более плотной упаковки частиц. Чтобы проверить это

предположение, был исследован фракционный состав при нагрузке 20 МПа и 25 МПа и выше (рисунок 4,5).

Относительная усадка для фракционных составов исходного и +0,5 мм в целом одинаковая, и составляет 25% при 5 МПа.

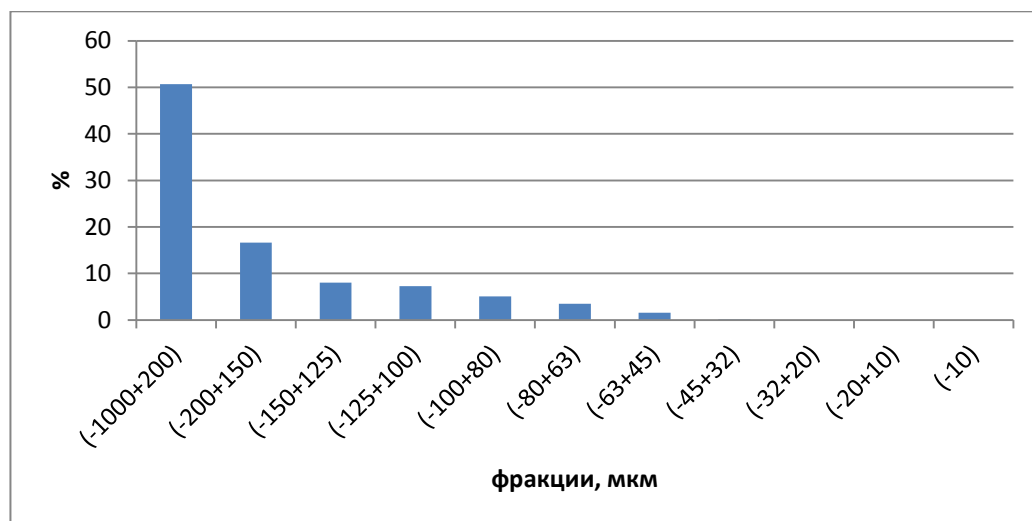


Рисунок 4 – Фракционный состав ПБУ (+0,5 мм) при нагрузке 20 МПа

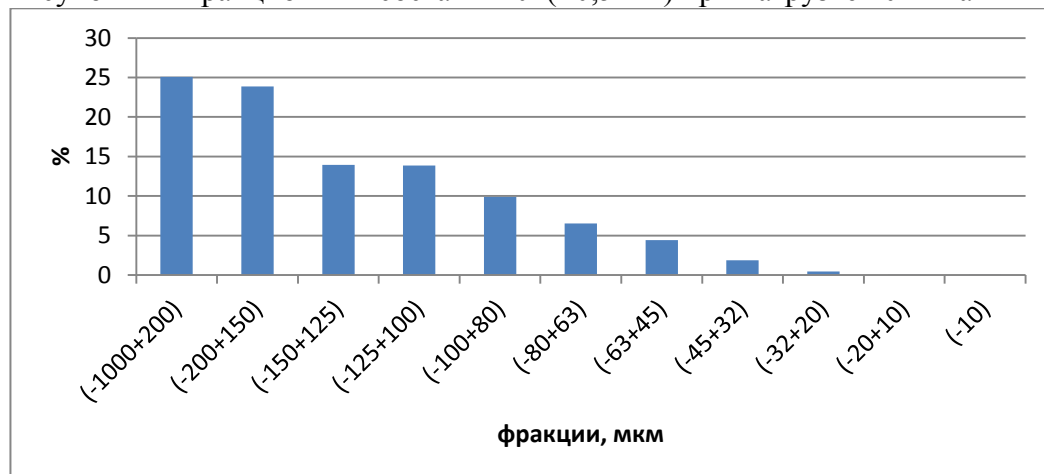


Рисунок 5 – Фракционный состав ПБУ (+0,5 мм) при нагрузке 25 МПа

Из рисунков видно, что фракционный состав начинает резко меняться в интервале нагрузки 20-25 МПа. Стремительно растет количество мелких фракций.

Далее необходимо понять, как влияет давление на коэффициент теплопроводности, относительную усадку и плотность, а также как влияет плотность на коэффициент теплопроводности. Графики зависимостей представлены на рисунках ниже

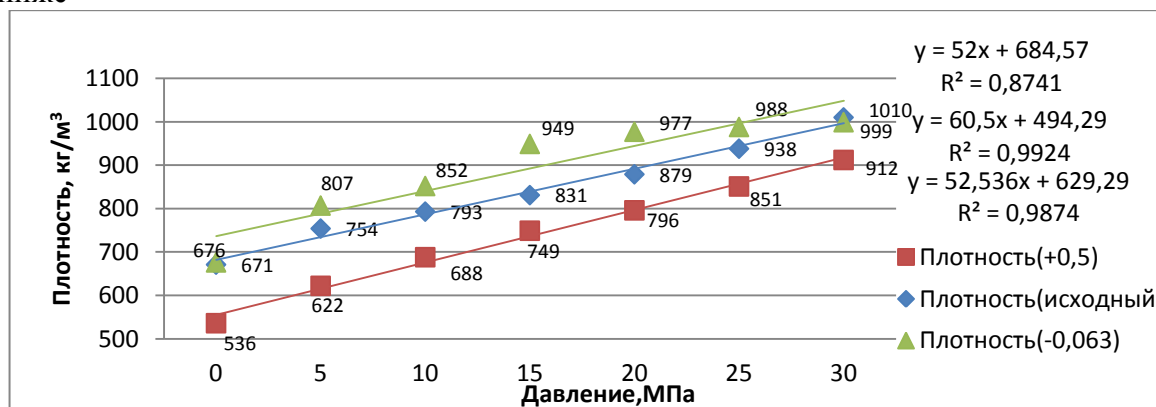


Рисунок 6 – График зависимости плотности ПБУ от давления

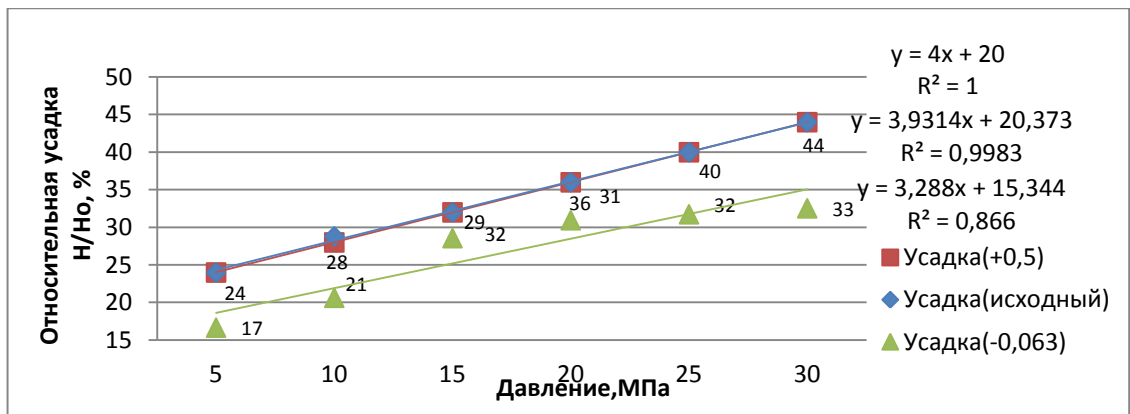


Рисунок 7 – График зависимости относительной усадки от давления

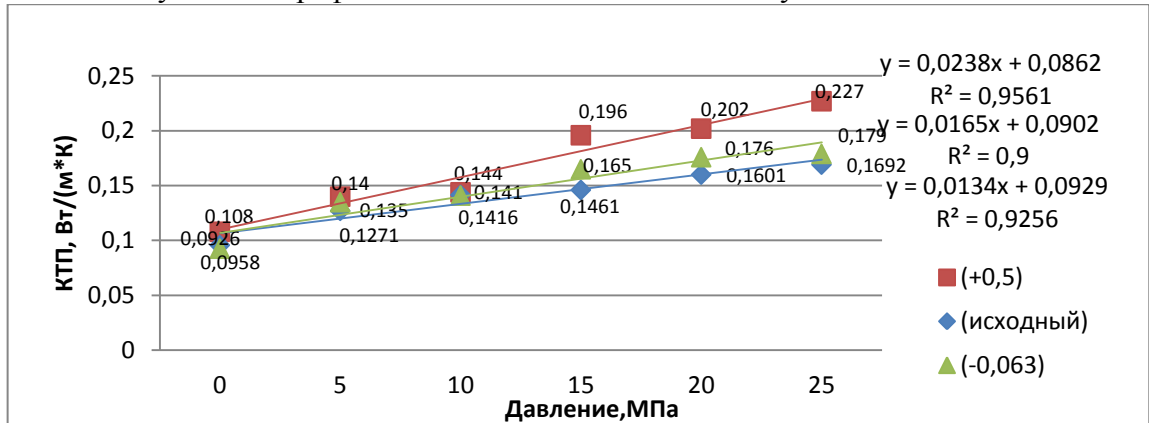


Рисунок 8 – График зависимости коэффициента теплопроводности от давления

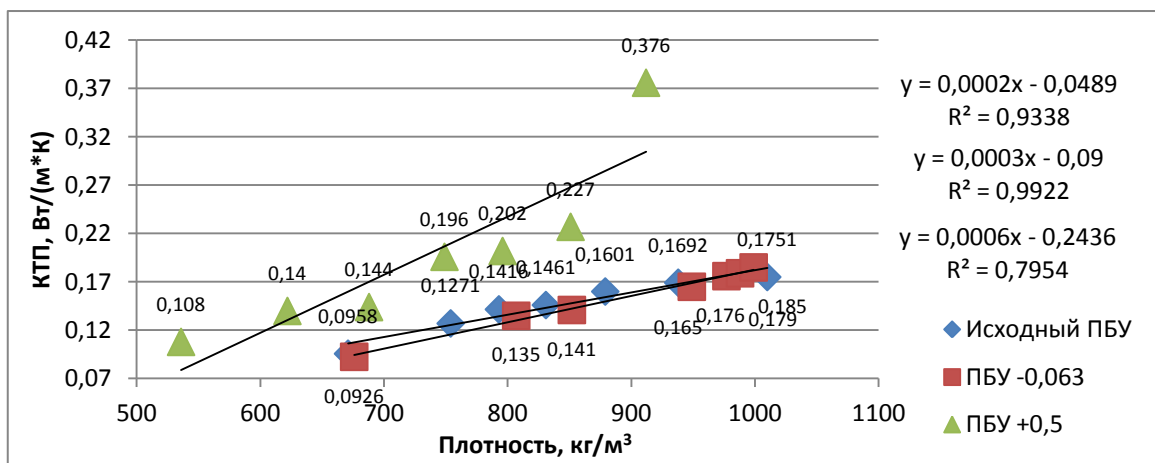


Рисунок 9 – График зависимости коэффициента теплопроводности от плотности

Изучая полученные зависимости, следует отметить, что:

-плотность всех фракционных составов с увеличением давления возрастает практически линейно, за исключением фракции +0,5 мм, у которой происходит изменение динамики роста плотности после давления 10 МПа (852 кг/м³ при 10 МПа против 949 кг/м³ при 15 МПа), так как происходит дробление крупных фракций и выравнивание фракционного состава. Как и предполагалось, самой высокой плотностью обладает фракционный состав -0,063мм.

-относительная усадка всех фракционных составов с увеличением давления возрастает практически линейно, за исключением фракции +0,5 мм, у которой происходит изменение динамики роста усадки после давления 10 МПа (21% при 10 МПа против 32 % при 15 МПа). Это также связано с дроблением крупных фракций.

Стоит отметить, что остальных двух фракций уже при 5 МПа происходит усаживание на четверть объема.

-коэффициент теплопроводности у всех фракционных составов возрастает в зависимости от давления. Это объясняется уменьшением расстояния между частицами, в том числе за счет их дробления. Важно отметить, что у фракционного состава +0,5 мм в интервале от 0 до 5 МПа происходит скачкообразный рост коэффициента теплопроводности (0,108 Вт/(м*К) при насыпной плотности против 0,14 Вт/(м*К) при давлении 5 МПа). Предполагается, что это также связано с разрушением частиц и их поровой структуры. При рассмотрении зависимости коэффициента теплопроводности от плотности можно выделить как – бы **ступенчатое изменение коэффициента**. Первая «ступень» роста – при плотностях между 550 и 650 кг/м³, вторая «ступень» - между плотностями 700 и 750 кг/м³, и третья «ступень» при плотностях 850-900 кг/м³.

Принимая во внимание тот факт, что дробление материала – это дополнительный технологический передел на предприятии и вероятность пыления этого материала, можно сказать, что оптимальным фракционным составом всё же является исходный ПБУ (в сравнении с остальными исследуемыми фракционными составами)